

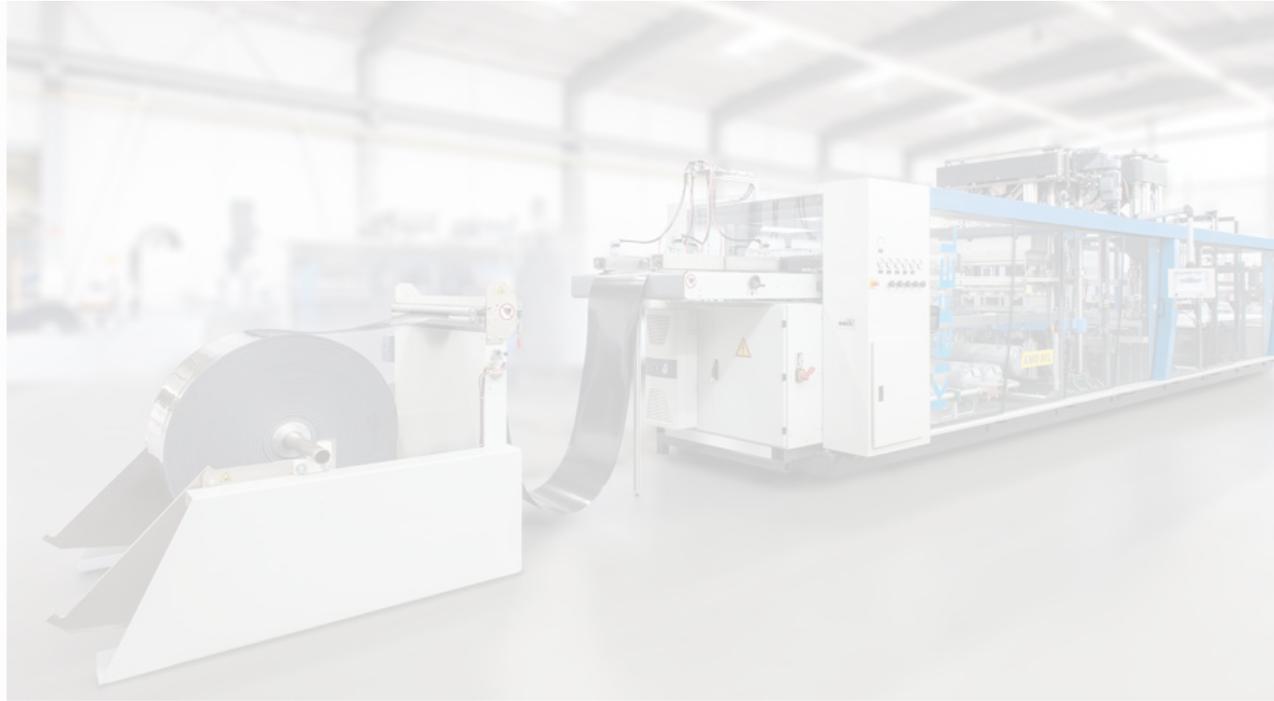


# Automatización Electroneumática

Juan Camilo Vásquez Cortés



Ingeniería eléctrica y electrónica



# Automatización Electroneumática

Juan Camilo **Vásquez** Cortés



BOGOTÁ - MÉXICO, DF

Vásquez Cortés, Juan Camilo

Automatización electroneumática / Juan Camilo Vásquez Cortes. -- Bogotá: Ediciones de la U, 1a.ed. 2016

p. ; 230 cm.

ISBN 978-958-762-578-3

e-ISBN 978-958-762-579-0

1. Fundamentos de automatización 2. Teorías y conceptos de electricidad 3. Circuitos electroneumáticos 4. Métodos en el diseño de circuitos I. Tít.  
621.39 cd 24 ed.

Área: Ingeniería eléctrica y electrónica

Primera edición: Bogotá, Colombia, agosto de 2016

ISBN 978-958-762-578-3

- © Juan Camilo Vásquez Cortés  
(Foros de discusión, blog del libro y materiales complementarios del autor en [www.edicionesdelau.com](http://www.edicionesdelau.com))
- © Ediciones de la U - Carrera 27 #27-83 - Tel. (+57-1) 3203510 - 3203499  
[www.edicionesdelau.com](http://www.edicionesdelau.com) - E-mail: [editor@edicionesdelau.com](mailto:editor@edicionesdelau.com)  
Bogotá, Colombia

**Ediciones de la U** es una empresa editorial que, con una visión moderna y estratégica de las tecnologías, desarrolla, promueve, distribuye y comercializa contenidos, herramientas de formación, libros técnicos y profesionales, e-books, e-learning o aprendizaje en línea, realizados por autores con amplia experiencia en las diferentes áreas profesionales e investigativas, para brindar a nuestros usuarios soluciones útiles y prácticas que contribuyan al dominio de sus campos de trabajo y a su mejor desempeño en un mundo global, cambiante y cada vez más competitivo.

Coordinación editorial: Adriana Gutiérrez M.

Carátula: Ediciones de la U

Impresión: Digiprint Editores SAS

Calle 63 bis #70-49, Pbx. (57+1) 4307050

*Impreso y hecho en Colombia*

*Printed and made in Colombia*

No está permitida la reproducción total o parcial de este libro, ni su tratamiento informático, ni la transmisión de ninguna forma o por cualquier medio, ya sea electrónico, mecánico, por fotocopia, por registro y otros medios, sin el permiso previo y por escrito de los titulares del Copyright.



## Apreciad@ cliente:

Es gratificante poner en sus manos estas obras, por esta razón le invitamos a que se registre en nuestra web:

**www.edicionesdelau.com** y obtenga beneficios adicionales como:

- Complementos digitales de las obras
- Actualizaciones de las publicaciones
- Interactuar con los autores a través del blog
- Información de nuevas publicaciones de su interés
- Noticias y eventos



Adquiere nuestras publicaciones en formato e-book



Visítanos en:

**www.edicionesdelau.com**

### Sus pedidos a:

Carrera 27 # 27-43 • Barrio Teusaquillo

PBX. (57-1) 3203510 • (57-1) 3203499 • Móvil: 310 - 6256033

comercial@edicionesdelau.com - gerencia@edicionesdelau.com

Bogotá - Colombia

Av. Coyoacán 1812 A. Acacias Benito Juárez C.P. 03240

PBX. (52) 55-63051703 • Cel. 044 5544439418

janethcr@gruporamadelau.com

México D. F. - México

# Contenido

<b>Introducción .....</b>	<b>17</b>
<b>Capítulo 1. Fundamentos de automatización.....</b>	<b>21</b>
1.1 Proceso industrial.....	21
1.1.1 Procesos continuos .....	22
1.1.2 Procesos discretos .....	22
1.2 Automatismos o sistema de control.....	22
1.2.1 Sistema de control en lazo cerrado.....	22
1.2.2 Sistema de Control en Lazo Abierto.....	23
1.3 Automatización industrial.....	25
1.4 Automatización electroneumática .....	27
1.5 Preguntas y problemas .....	28
<b>Capítulo 2. Teoría y conceptos de electricidad .....</b>	<b>31</b>
2.1 Fundamentos de electricidad.....	32
2.1.1 Naturaleza de la electricidad .....	32
2.1.2 Variables eléctricas .....	33
2.1.2.1 Voltios .....	33
2.1.2.2 Amperios .....	40
2.1.2.3 Potencia eléctrica .....	43
2.1.2.4 Energía eléctrica .....	45
2.2 Circuito eléctrico.....	46
2.2.1 Modos de conexión .....	47
2.2.1.1 Circuito serie.....	47
2.2.1.2 Circuito paralelo.....	47
2.2.1.3 Circuito mixto .....	48

2.3 Instrumentos y formas de medición de las magnitudes eléctricas.....	49
2.3.1 Operación del multímetro .....	50
2.3.1.1 Medición de voltaje .....	51
2.3.1.2 Medición de corriente .....	52
2.3.1.3 Medición de resistencia y continuidad.....	53
2.3.1.4 Medición de potencia.....	53
2.3.1.5 Medición de energía .....	54
2.4 Peligros de la corriente eléctrica.....	54
2.5 Seguridad respecto al equipo y descarga eléctrica .....	55
2.5.1 Fusibles .....	55
2.5.2 Polo a tierra .....	55
2.6 Preguntas y problemas .....	56
<b>Capítulo 3. Circuitos electroneumáticos .....</b>	<b>65</b>
3.1 Estructura de los circuitos electroneumáticos.....	65
3.2 Circuito neumático .....	66
3.2.1 Elementos de circuito neumático .....	66
3.2.2 Esquema del circuito neumático.....	66
3.2.3 Simbología e identificación de los componentes neumáticos .....	66
3.3 Circuito eléctrico de control .....	71
3.3.1 Componentes electromecánicas de mando, detección, control y actuadores .....	72
3.3.1.1 Elementos eléctricos para la entrada de señales .....	72
3.3.1.2 Elementos eléctricos para el procesamiento de señales .....	77
3.3.1.3 Elementos distribuidores de aire o electroválvulas .....	80
3.4 Esquema o plano de conexiones del circuito eléctrico de control en sistemas electroneumáticos.....	83
3.4.1 Circuito electromecánico de control .....	83
3.4.1.1 Características del circuito .....	84
3.4.1.2 Aspectos prácticos para su realización.....	84
3.4.2 Descripción del plano eléctrico.....	86
3.4.3 Características y ventajas .....	87
3.5 Esquemas electroneumáticos para control de cilindros .....	88
3.6 Preguntas y problemas .....	89
<b>Capítulo 4. Método intuitivo en el diseño e implementación de circuitos electroneumáticos básicos .....</b>	<b>93</b>

4.1 Control eléctrico básico de cilindros .....	93
4.1.1 Método básico intuitivo para controlar cilindros .....	94
4.1.1.1 Mando directo por pulsador .....	94
4.1.1.2 Mando indirecto por pulsador .....	96
4.1.1.3 Control por simultaneidad y selectora (mando directo e indirecto) .....	97
4.1.1.4 Control por auto-retención .....	99
4.1.1.5 Control por impulso inicial y permanente .....	99
4.1.1.6 Secuencias forzadas .....	100
4.1.1.7 Control de secuencias temporizadas .....	102
4.1.1.8 Control de fuerza y mando por presión .....	105
4.1.1.9 Anulación de señales de presión simultáneas .....	108
4.2 Preguntas y problemas .....	112
<b>Capítulo 5. Diseño e implementación de circuitos electroneumáticos con uno o mas cilindros por el método intuitivo .....</b>	<b>117</b>
5.1 Diagramas de funcionamiento .....	118
5.1.1 Diagrama espacio-fase .....	118
5.1.2 Diagrama espacio-tiempo .....	120
5.1.3 Diagramas de señales mando .....	121
5.2 Ciclos de trabajo .....	123
5.2.1 Ciclo manual .....	123
5.2.2 Ciclo semiautomático .....	123
5.2.3 Ciclo automático o continuo .....	123
5.2.4 Ejemplos de aplicación .....	123
5.3 Preguntas y problemas .....	149
<b>Capítulo 6. Elementos de sistema electroneumático .....</b>	<b>153</b>
6.1 Estructura de un sistema de producción, distribución y utilización de aire comprimido .....	154
6.1.1 Producción de aire y red de distribución .....	154
6.1.1.1 Unidad compresora de aire .....	154
6.1.1.2 Redes y líneas de aire comprimido .....	157
6.1.2 Tratamiento del aire comprimido .....	161
6.1.2.1 Filtro-secador de aire .....	162
6.1.2.2 Regulador de presión .....	163
6.1.2.3 Lubricador de aire .....	163

6.1.2.4 Unidad filtro-secador-regulador-lubricador (FRL).....	164
6.1.3 Cilindros neumáticos.....	165
6.2 Elementos del circuito de control .....	166
6.2.1 Elementos de mando .....	166
6.2.1.1 Pulsador .....	167
6.2.1.2 Selector o Interruptor .....	167
6.2.2 Elementos sensores de posición .....	168
6.2.2.1 Fin de carrera electromecánicos .....	169
6.2.2.2 Sensor Reed Switch .....	170
6.2.2.3 Sensor magnético de estado sólido .....	172
6.2.2.4 Sensor de presión neumático .....	173
6.2.3 Elementos para procesamiento de información .....	174
6.2.3.1 Relé electromagnético .....	174
6.2.3.2 Temporizador.....	175
6.3 Dispositivos de interface .....	177
6.3.1 Electroválvula monoestable .....	177
6.3.2 Electroválvula biestable.....	178
6.4 Elementos auxiliares.....	179
6.4.1 Manómetro o medidor de presión .....	179
6.4.2 Indicador de presión lumínico .....	179
6.4.3 Válvulas auxiliares .....	180
6.4.3.1 Control de velocidad del vástago de los cilindros.....	180
6.4.3.2 Control unidireccional de flujo de aire .....	181
6.4.3.3 Control regulado unidireccional de flujo de aire .....	181
6.4.4.4 Distribuidor de aire .....	182
6.4.4.5 Manguera para aire.....	182
6.4.4.6 Elemento silenciador.....	183
6.5 Normas técnicas .....	183
6.6 Preguntas .....	184
<b>Capítulo 7. Mantenimiento de los sistemas electroneumáticos .....</b>	<b>187</b>
7.1 Estructura de un sistema de producción, distribución y utilización de aire comprimido.....	187
7.1.1 Producción y red de distribución .....	188
7.1.1.1 El compresor de aire.....	188
7.1.1.2 Depósito de aire a presión .....	189
7.1.1.3 Redes y líneas de aire comprimido .....	189

7.1.2 El sistema neumático.....	196
7.1.2.1 Cilindros neumáticos .....	196
7.1.2.2 Distribuidores o válvulas .....	197
7.1.2.3 Otros tipos de válvulas auxiliares .....	199
7.1.3 El control electromecánico.....	199
7.1.3.1 Suministro de energía y protección eléctrica.....	199
7.1.3.2 Conductores eléctricos y borneras .....	200
7.1.3.3 Elementos de mando, detección y control .....	200
7.2 Directrices en relación con el diseño y funcionamiento de un sistema electroneumático .....	201
7.2.1 Generales .....	201
7.2.2 Referente a lo neumático.....	202
7.2.3 Referente al circuito de control.....	203
7.3 Problemas comunes en un sistema electroneumático .....	204
7.3.1 Problemas en el sistema neumático .....	204
7.3.1.1 Relacionados con el depósito de aire a presión.....	204
7.3.1.2 Relacionados con las líneas de distribución de aire comprimido.....	205
7.3.1.3 Relacionados con la unidad de mantenimiento de aire (FRL) .....	206
7.3.1.4 Relacionados con los cilindros neumáticos.....	207
7.3.1.5 Relacionados con los distribuidores y válvulas auxiliares .....	207
7.3.2 Problemas relacionados con el control electromecánico .....	208
7.3.2.1 Relacionados con el suministro de energía y protección eléctrica.....	208
7.3.2.2 Relacionados con conductores eléctricos y borneras.....	208
7.3.2.3 Relacionados con elementos de mando, detección y control .....	209
7.3.2.4 Relacionados con distribuidores o electroválvulas.....	209
7.3.2.5 Relacionados con el motor eléctrico del compresor .....	209
7.3.2.6 Otros problemas electro-mecánicos.....	209
7.4 Actividades - programa de mantenimiento de un sistema electroneumático .....	210
7.4.1 Componentes del Sistema Neumático .....	210
7.4.1.1 Depósito de aire a presión .....	210
7.4.1.2 Líneas principales de aire, líneas en general, accesorios .....	210
7.4.1.3 Unidad FRL.....	212
7.4.1.4 Cilindros neumáticos .....	214
7.4.1.5 Válvulas de Control Neumáticas.....	215

7.4.1.6 Elementos Accesorios Auxiliares.....	216
7.4.2 Componentes del sistema de control electromecánico.....	216
7.4.2.1 Suministro de energía y protección eléctrica.....	216
7.4.2.2 Conductores eléctricos y borneras .....	217
7.4.2.3 Elementos de mando, detección y control .....	217
7.4.2.4 Distribuidores o electroválvulas .....	217
7.4.2.5 Motor eléctrico del compresor .....	218
7.5 Detección de fallas .....	218
7.6 Mantenimiento del compresor de aire .....	219
7.7 Programa (aspectos en el) de mantenimiento de los compresores .....	221
7.8 Preguntas .....	224
<b>Apéndices .....</b>	<b>227</b>
A. Entidades de normalización.....	227
B. Grados de protección IP.....	228
C. Referencias bibliograficas.....	228
D. Direcciones de internet.....	229

## Índice de figuras

Figura 1.1 Diagrama de bloques Proceso Industrial.....	21
Figura 1.2 Diagrama de bloques de Sistema en Lazo Cerrado .....	23
Figura 1.3 Diagrama de bloques Sistema en lazo Abierto.....	23
Figura 1.4 Lazo abierto .....	25
Figura 1.5 Lazo Cerrado.....	26
Figura 2.1. ÁTOMO.....	32
Figura 2.2 Símbolo Voltaje.....	34
Figura 2.3 Gráfica voltaje directo .....	35
Figura 2.4 Símbolo voltaje DC.....	36
Figura 2.5 Gráfica voltaje alterno senoidal.....	37
Figura 2.6 Señales desfasadas.....	38
Figura 2.7 Símbolo voltaje altero senoidal .....	39
Figura 2.8 Símbolo impedancia .....	40
Figura 2.9 Grafica corriente directa.....	41
Figura 2.10 Símbolo de la corriente directa.....	41
Figura 2.11 Circuito eléctrico .....	46
Figura 2.12. Conexión en serie.....	47
Figura 2.13. Conexión en paralelo.....	48

Figura 2.14. Conexión mixta.....	48
Figura 2.15 Instrumento multímetro.....	50
Figura 2.16 Medición de voltaje directo.....	51
Figura 2.17 Medición de voltaje alterno .....	52
Figura 2.18 Medición de corriente directa .....	52
Figura 2.19 Medición de resistencia .....	53
Figura 2.20 Símbolo fusible protección eléctrica.....	55
Figura 2.21 Fusible .....	55
Figura 2.22 Conexión a tierra .....	56
Figura 3.1a Cilindros.....	67
Figura 3.1b Válvulas.....	67
Figura 3.1c Nomenclatura .....	68
Figura 3.1d Accionamientos.....	68
Figura 3.1e Regulación .....	69
Figura 3.1f Energía y mantenimiento.....	69
Figura 3.1g Elementos de control .....	70
Figura 3.2 Circuito neumático.....	71
Figura 3.3 Tipos de contactos .....	73
Figura 3.4 Tipos de pulsador .....	73
Figura 3.5 Pulsador retorno resorte.....	73
Figura 3.6 Pulsador de enganche .....	74
Figura 3.7 Símbolo fin de carrera.....	75
Figura 3.8 Símbolo red switch .....	75
Figura 3.9. Símbolo sensores inductivos.....	76
Figura 3.10 Símbolo presóstato .....	76
Figura 3.11 Relé.....	78
Figura 3.12 Diagrama de tiempo ON DELAY .....	79
Figura 3.13 Símbolo ON DELAY .....	79
Figura 3.14 Diagrama de tiempo OFF DELAY .....	79
Figura 3.15 Símbolo OFF DELAY.....	80
Figura 3.16 Solenoide de electroválvula.....	81
Figura 3.17 Símbolo de Electroválvulas .....	81
Figura 3.18 Símbolo de electroválvulas .....	82
Figura 3.19 Símbolo de electroválvulas .....	82
Figura 3.20 Circuito de control .....	86
Figura 3.21 Circuitos neumático y de control .....	88
Figura 4.1 Mando directo válvula 3/2 .....	94
Figura 4.2 Mando directo válvula 5/2 .....	95

Figura 4.3 Mando directo .....	95
Figura 4.4 Mando directo cilindro simple efecto .....	96
Figura 4.5 Circuito con enclavamiento .....	97
Figura 4.6 Circuito con simultaneidad .....	98
Figura 4.7 Circuito tipo selector .....	98
Figura 4.8 Circuito autoretención.....	99
Figura 4.9 Circuito con impulso inicial y permanente.....	100
Figura 4.10 Circuito neumático con cilindros doble efecto .....	101
Figura 4.11 Circuito de control para secuencias forzadas .....	101
Figura 4.12 Circuito electroneumático con temporizador ON DELAY .....	102
Figura 4.13 Circuito electroneumático con temporizador OFF DELAY .....	103
Figura 4.14 Circuito electroneumático con electroválvulas 5/2 .....	104
Figura 4.15 Circuito de control eléctrico con temporizador ON DELAY .....	104
Figura 4.16 Circuito electroneumático con presóstato .....	105
Figura 4.17 Circuito electroneumático con presóstato .....	106
Figura 4.18 Circuito electroneumático con presóstato .....	107
Figura 4.19 Circuito eléctrico .....	107
Figura 4.20 Símbolo fin de carrera abatible.....	108
Figura 4.21 Circuito electroneumático con fin de carrera abatible.....	109
Figura 4.22 Circuito de control con fin de carrera abatible.....	110
Figura 4.23 Circuito electroneumático con fin de carrera normal.....	110
Figura 4.24 Símbolo fin de carrera normal.....	111
Figura 4.25 Circuito electroneumático con fin de carrera normal.....	111
Figura 4.26 Diagrama de fase para problema 6 .....	112
Figura 4.27 Diagrama de fase para problema 7 .....	113
Figura 4.28 Diagrama de fase para problema 13.....	113
Figura 4.29 Diagrama de fase para problema 14.....	114
Figura 4.30 Diagrama de fase para problema 16.....	114
Figura 4.31 Diagrama neumático para problema 17.....	114
Figura 4.32 Diagrama neumático para problema 17.....	115
Figura 4.33 Diagrama de fase para problema 18.....	115
Figura 5.1 Diagrama de fase.....	119
Figura 5.2 Diagrama de fase.....	120
Figura 5.3 Circuito de control eléctrico .....	121
Figura 5.4 Diagrama de señales de mando.....	122
Figura 5.5 Diagrama de fase y señales de mando .....	124
Figura 5.6 Circuito electroneumático.....	124
Figura 5.7 Diagrama de fase y señales de mando .....	125

Figura 5.8 Circuito electroneumático.....	125
Figura 5.9 Diagrama de fase y señales de mando .....	127
Figura 5.10 Circuito de control electroneumático.....	127
Figura 5.11 a. ....	128
Figura 5.11b. Diagrama de fase y señales de mando .....	128
Figura 5.12.a Circuito neumático.....	129
Figura 5.12.b Circuito de control eléctrico .....	129
Figura 5.13 Diagrama de fase y señales de mando.....	130
Figura 5.14 Circuito neumático y de control eléctrico.....	131
Figura 5.15 Diagrama de señales de fase y de mando.....	132
Figura 5.16ª Circuito neumático.....	132
Figura 5.16b Circuito de control eléctrico .....	133
Figura 5.17 Diagrama de fase y señales de mando.....	134
Figura 5.18a Circuito neumático.....	134
Figura 5.18b Circuito de control eléctrico .....	135
Figura 5.19 Circuito de control eléctrico.....	135
Figura 5.20 Diagrama de fase y señales de mando.....	137
Figura 5.21 Diagrama de fase y señales de mando.....	138
Figura 5.22a Circuito neumático.....	139
Figura 5.22b Circuito de control eléctrico .....	139
Figura 5.23 Diagrama de fase y señales de mando.....	141
Figura 5.24a. Circuito neumático.....	141
Figura 5.24b. Circuito de control eléctrico .....	142
Figura 5.25 Diagrama de fase y señales de mando.....	144
Figura 5.26a Circuito neumático.....	144
Figura 5.26b Circuito de control eléctrico .....	144
Figura 5.27 Diagrama de fase y señales de mando.....	146
Figura 5.28a. Circuito neumático.....	147
Figura 5.28b Circuito de control eléctrico .....	147
Figura 5.29 Diagrama neumático para problema 2 .....	149
Figura 5.30 Diagrama neumático para problema 3 .....	150
Figura 5.31 Diagrama neumático para problema 4 .....	151
Figura 5.32 Diagrama neumático para problema 5 .....	151
Figura 5.33 Diagrama de fase para el problema 6.....	151
Figura 5.34 Diagrama electroneumático para problema 8 .....	152
Figura 6.1 Compresor de aire.....	155
Figura 6.2 Símbolo compresor de aire.....	156
Figura 6.3 Tanque almacenamiento de aire.....	156

Figura 6.4 Símbolo tanque de aire .....	156
Figura 6.5 Filtro y secador de aire real .....	162
Figura 6.6 Regulador de presión .....	163
Figura 6.7 Lubricador de aire.....	163
Figura 6.8 Unidad Filtro-secador-regulador .....	164
Figura 6.9 Símbolo unidad de mantenimiento de aire.....	164
Figura 6.10 Símbolo unificado unidad de mantenimiento de aire .....	165
Figura 6.11 Cilindros neumático simple efecto y su símbolo.....	165
Figura 6.12 Cilindro neumático de doble efecto y su símbolo .....	166
Figura 6.13 Pulsador retorno resorte y su símbolo eléctrico .....	167
Figura 6.14 Pulsador de enganche y su símbolo eléctrico .....	168
Figura 6.15 Cilindro y sensor final de carrera .....	169
Figura 6.16 Tipo de finales de carrera .....	169
Figura 6.17 Accionamiento eléctrico de finales de carrera .....	170
Figura 6.18 Cilindro y sensores reed switch.....	171
Figura 6.19 Sensor reed switch-datos técnicos.....	171
Figura 6.20 Símbolo eléctrico del reed switch .....	171
Figura 6.21 Sensor magnético .....	172
Figura 6.22 Esquema electrónico sensor magnético.....	172
Figura 6.23 Símbolo sensor magnético .....	173
Figura 6.24 Símbolo presóstato .....	173
Figura 6.25a Relé eléctrico .....	174
Figura 6.25b Símbolo Relé electromagnético.....	175
Figura 6.26 Diagrama de tiempo y símbolo temporizador ON DELAY .....	176
Figura 6.27 Temporizador OFF DELAY.....	176
Figura 6.28 Diagrama de tiempo del temporizador OFF DELAY .....	176
Figura 6.29a Electroválvula monoestable .....	177
Figura 6.29b Electroválvula monoestable .....	178
Figura 6.30a Electroválvula biestable.....	178
Figura 6.30b Electroválvula biestable .....	178
Figura 6.31 Manómetro y su símbolo .....	179
Figura 6.32 Indicador de presión lumínico y su símbolo .....	180
Figura 6.33 Silenciador y su símbolo .....	180
Figura 6.34 Válvula unidireccional y su símbolo .....	181
Figura 6.35 Regulador de caudal y su símbolo.....	181
Figura 6.36 Elemento distribuidor de aire.....	182
Figura 6.37 Manguera para aire .....	182
Figura 6.38 Silenciador y su símbolo .....	183

# Introducción

Hoy en día la mayoría de los procesos de fabricación en las industrias son implementados con sistemas automáticos. Lo anterior con el fin de estandarizar la producción, reducir costos, aumentar la productividad, la calidad y lo que es más importante liberar a las personas de trabajos repetitivos y de fuerza muscular, actividades que pueden ser desarrolladas por máquinas o procesos automatizados de forma más eficiente.

Existen diferentes tecnologías de automatización como son la neumática, la electroneumática y la electrónica cada una con sus características particulares. En este libro "*AUTOMATIZACIÓN ELECTRONEUMÁTICA BÁSICA*", se presenta todo lo relacionado con los dispositivos propios del área electroneumática y el diseño de automatismos básicos utilizando el conocimiento, la experiencia y fundamentalmente la intuición de las personas.

El propósito primario de este libro es la adquisición por parte del lector de una comprensión a fondo de los conceptos fundamentales de la automatización electroneumática y sus aplicaciones a problemas reales. Dentro de este contexto, el libro está diseñado específicamente para cursos relacionados con sistemas electroneumáticos.

Pretendemos que este libro sea un material de apoyo pedagógico y didáctico para ingenieros, licenciados o técnicos a la cátedra "Automatización Electro-neumática" que se imparte en los centros de educación de niveles técnicos, tecnológicos y universitarios.

La organización y presentación de los temas están diseñadas para ayudar al docente a presentar el material de manera clara y lógica, y al estudiante para comprender los conceptos y técnicas, de modo que se desarrolle una metodología de enseñanza-aprendizaje eficiente y eficaz dentro de este contexto educativo.

Hemos trabajado con esmero en la organización de los temas para presentarlos de la manera más simple posible, de modo que puedan ser comprendidos

rápidamente por el lector. El libro está diseñado con ejemplos ilustrativos, tablas y figuras que permiten al estudiante clarificar y reforzar los conocimientos presentados a lo largo del libro, adicionalmente al final de cada capítulo se presentan una serie de problemas propuestos que tienen como objetivo evaluar el aprendizaje del estudiante así como el nivel de competencia adquirido por éste en los contextos educativo y tecnológico.

Consideramos que el libro contiene material suficiente como para formar al lector en esta especialidad y capacitarlo para resolver problemas básicos de automatización electroneumática.

La estructuración del libro se realiza a través de seis capítulos articulados en forma lógica y secuencial respecto a la temática presentada.

Iniciamos en el *capítulo 1* estudiando algunos aspectos relacionados con la automatización, sus diferentes estructuras en lazo abierto, lazo cerrado y la posibilidad de controles combinacionales y secuenciales.

En el *capítulo 2* estudiamos la teoría eléctrica, que es fundamental para entender el funcionamiento de los elementos electromecánicos y, adicionalmente, para realizar tareas en lo que tiene que ver con la instalación y mantenimiento. Igualmente se explica el concepto de circuito eléctrico y las conexiones básicas. En la parte final mostramos el manejo de los instrumentos de medición de las variables eléctricas y los aspectos relacionados con la seguridad de las personas respecto al manejo de la electricidad.

Luego en el *capítulo 3*, se estudia la estructura de los sistemas electroneumáticos constituido por el *circuito neumático* y *el de control*, además, los elementos o dispositivos que los forman: cilindros, interruptores, relés, electroválvulas, etc. Igualmente se explica la forma esquemática como se representan los circuitos eléctricos de control cableado.

"*La teoría del control intuitivo*", si se puede llamar así, la estudiamos en el *capítulo 4*, se muestran configuraciones electroneumáticas básicas y ejemplos de aplicación.

En el *capítulo 5* se estudian, a través de ejemplos, sistemas electroneumáticos más complejos en los que intervienen hasta cuatro actuadores o cilindros.

En el *capítulo 6*, estudiamos más detalladamente los dispositivos y elementos utilizados en sistemas electroneumáticos. Se presentan cada uno de ellos desde una perspectiva más real acompañada con datos técnicos y adicionalmente hacemos un paralelo respecto a su simbología.

En el capítulo final (7), se indica sobre las acciones referentes al mantenimiento preventivo y correctivo. Se sabe que un buen mantenimiento de un sistema electroneumático propicia problemas mínimos y, probablemente, minimiza en gran parte el tiempo de paro, con ciclos de trabajo más productivos. Un mantenimiento inadecuado o insuficiente causará paros importantes en la producción.

El libro “AUTOMATIZACIÓN ELECTRONEUMÁTICA BÁSICA” entra a formar parte de la escasa bibliografía existente respecto a ésta área ya que son pocos los libros publicados sobre ella. Hay abundante gama de catálogos técnicos proporcionados por los fabricantes de partes electroneumáticas, pero en ellos la teoría general de diseño y aplicación no se presenta en forma organizada y secuencial que respondan a los procesos educativos de enseñanza-aprendizaje.

Con esta obra el autor dedicado ya hace varias décadas a la docencia, pretenden plasmar los conocimientos adquiridos en sus épocas laborales en la industria como ingeniero de mantenimiento, y ponerlos al servicio de las personas interesadas en adquirir este conocimiento tan valioso y de tanta aplicación en los procesos industriales.

Estoy seguro que el conocimiento adquirido respecto a los sistemas *electroneumáticos* les será de gran utilidad en un futuro en su desempeño profesional.

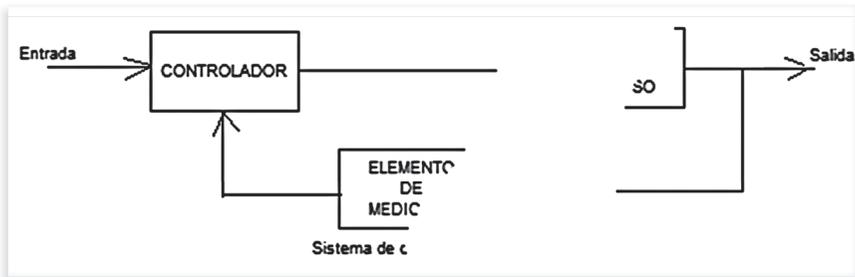
Por último, quiero invitar a los ingenieros, licenciados, tecnólogos, técnicos y lectores interesados en éstos temas relacionados con la electroneumática a profundizar en los conocimientos de ésta importante área consultando nuestros libros: “Automatización Neumática”, “Automatización Electroneumática Métodos Sistemáticos” y “Automatización Neumática con Control Lógico Programable” complementarios entre sí ya que le proporcionarán una *visión global* y articulada de éstas técnicas de automatización.

**Juan Camilo Vásquez Cortés.**

**Ingeniero Electrónico**

# Capítulo 1

## Fundamentos de automatización



La automática es la “ciencia que estudia los métodos y procedimientos que permiten la sustitución del operador humano por un operador artificial, en la ejecución de una tarea física o mental, previamente programada”.

La automática se utiliza en el control de los procesos industriales.

### 1.1 Proceso industrial

Se entiende por proceso industrial, un conjunto de acciones de transporte y transformación de materias primas para obtener un producto final.

En la figura 1.1 se muestra un diagrama de bloques para representar un proceso industrial.



Figura 1.1 Diagrama de bloques Proceso Industrial

Entre los procesos industriales se destacan: procesos continuos y procesos discretos.

### **1.1.1 Procesos continuos**

Son procesos ininterrumpidos en el tiempo en los que se manipulan básicamente variables análogas como temperatura, velocidad, presión, etc. En ellos las variables se miden y regulan de manera continua.

### **1.1.2 Procesos discretos**

En estos procesos el producto de salida se obtiene a partir de una serie de acciones que suceden de acuerdo con reglas lógicas preestablecidas. Estos procesos involucran variables que pueden tomar solamente dos valores o estados posibles (SI o NO, activado=1 o desactivado=0).

El sistema de control, en estos procesos, debe diseñarse para responder a variaciones de tipo binario. El estado de las variables de salida responde a una combinación o a una secuencia de las variables de control.

Son procesos de manufactura discretos la fabricación de autos, artefactos eléctricos, etc. Los sistemas electroneumáticos también son procesos discretos.

El control de procesos industriales (continuos, discretos) se ha asociado con el concepto de automatización y se realiza mediante los llamados automatismos.

## **1.2 Automatismos o sistema de control**

Un automatismo es el conjunto de elementos que permiten el desarrollo autónomo de un proceso industrial.

Existen dos tipos básicos de sistemas de control:

### **1.2.1 Sistema de control en lazo cerrado**

Un sistema de control en lazo cerrado es aquel en el que la señal de salida tiene efecto directo sobre la acción de control. Esto es, los sistemas de control en lazo cerrado son sistemas de control realimentado. La señal de error actuante, que es la diferencia entre la señal de entrada y la de realimentación, entra al detector o control y es procesada en forma de reducir el error y llevar la salida

del sistema al valor deseado. En otras palabras, el término “lazo cerrado” implica el uso de acción de realimentación para reducir el error del sistema.

En la figura 1.2 se muestra el diagrama de bloques de un sistema de control en lazo cerrado.

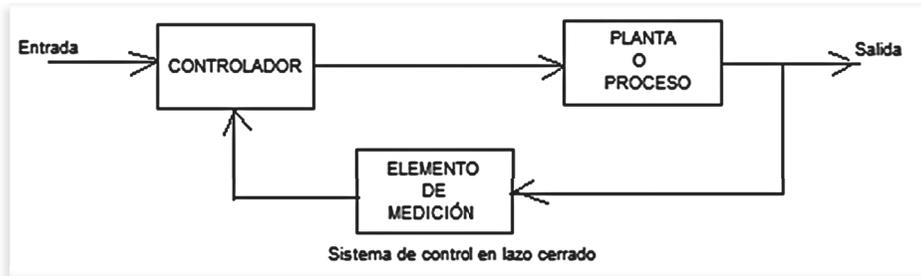


Figura 1.2 Diagrama de bloques de Sistema en Lazo Cerrado

Los elementos que componen un automatismo, como se muestra en la figura 1.2, son: el controlador, elemento de mando, captadores (sensores), los actuadores o accionadores y el proceso controlado.

### 1.2.2 Sistema de Control en Lazo Abierto

Los sistemas de control en lazo abierto son sistemas de control en los que la salida no tiene efecto sobre la acción de control. Es decir, en un sistema de control en lazo abierto la salida ni se mide ni se realimenta para comparación con la entrada. En la figura 1.3 se muestra un diagrama de bloques para este tipo de control.



Figura 1.3 Diagrama de bloques Sistema en lazo Abierto

Entre ellos están los sistemas de control que funcionan sobre una base de tiempo.

Los elementos que componen un automatismo en lazo cerrado, como se muestra en la figura 1.2, son: el controlador, la planta o proceso, captadores (sensores). Para el sistema en lazo abierto, como se muestra en la figura 1.3, el

automatismo está formado por el controlador y la planta o proceso, en éste no interviene el elemento sensor.

En cualquiera de los dos tipos de sistemas de control mencionados (lazo cerrado o lazo abierto) el elemento controlador puede ser diseñado con lógica combinacional y/o secuencial.

- En los sistemas combinacionales los valores de las variables de salida dependen única y exclusivamente de la combinación de las variables de entrada en ese instante.
- En los sistemas secuenciales los valores de las variables de salida dependen de la combinación de las variables de entrada, sino también, de la historia pasada del sistema. Los circuitos secuenciales poseen dispositivos capaces de almacenar información binaria, que permiten conservar el valor de las variables de salida aunque no estén presentes las entradas que los produjeron.

Un sistema secuencial es un sistema cuyo funcionamiento depende de una secuencia de fases o etapas, determinadas por un conjunto de reglas previamente establecidas.

Las fases de un automatismo (sistema) secuencial pueden ser evento-controladas o tempo-controladas.

En el primer caso, cada fase es iniciada por la ocurrencia de un evento (la activación de un interruptor o detector, etc). En las fases tempo-controladas, cada una se inicia en un tiempo dado o después de transcurrido un intervalo de tiempo determinado. En un proceso real pueden ocurrir los dos tipos de fases.

En el diseño de los controladores combinacionales y secuenciales se puede utilizar la intuición, la lógica de Boole y las metodologías Cascada y Paso a Paso. Estos controladores se puede desarrollar utilizando varias estrategias, como son: lógica implementada con aire a presión (neumática), lógica cableada y lógica programada, en su implementación se utilizan dispositivos de neumática pura, electromecánica (eléctrica-mecánica) y electrónica.

Para realizar control neumático se utiliza se utilizan los elementos mecánicos activados por aire a presión sin la intervención de le electricidad.

El control en lógica cableada se implementa con dispositivos electromecánicos interconectados entre sí, tales como: pulsadores, detectores, etc y el relé como elemento básico.

Para el control en lógica programada se utilizan dispositivos electrónicos digitales microprocesados como son el Control Lógico Programable y el Computador a nivel industrial, éstos permiten la implementación de algoritmos complejos de control desarrollados en lenguaje de programación.

### 1.3 Automatización industrial

En la sociedad a nivel industrial, los sistemas automatizados han permitido el desarrollo tecnológico, a través del mejoramiento de los procesos de producción, en virtud de agilizar y optimizar las tareas efectuadas por las máquinas y la intervención del hombre, llevando un mayor control y disminución de los riesgos (operario, producto, máquina), presentes en cualquier máquina automatizada.

La automatización permite la eliminación total o parcial de la intervención humana en los procesos de fabricación y asume algunas funciones intelectuales más o menos complejas de cálculo y de decisión.

El proceso de automatización en lazo abierto se puede representar por un diagrama de bloques como se muestra en la figura 1.4.



Figura 1.4 Lazo abierto

Todo proceso de automatización en lazo cerrado se puede representar por el diagrama de bloques de la figura 1.5 y podemos distinguir las siguientes partes:

- Dialogo Hombre - Máquina
- Detección - Sensórica
- Tratamiento de la información
- Actuadores o accionadores
- Sistema controlado

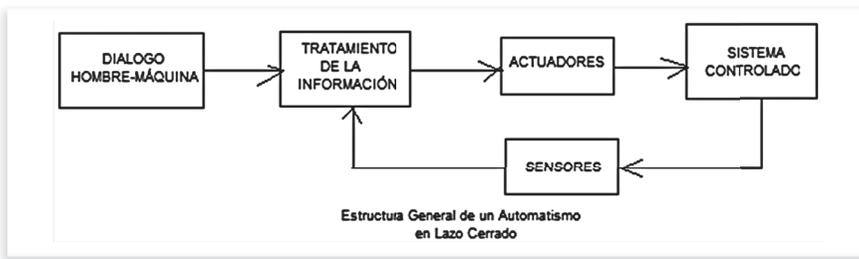


Figura 1.5 Lazo Cerrado

Las tecnologías o técnicas más empleadas en la industria, para la realización de los automatismos son:

### Neumática

Utiliza como fuente de energía el aire comprimido, el cual se obtiene de sistemas compresores. El elemento base para el tratamiento de las señales es el distribuidor neumático. Las señales deben traducirse a presencia o ausencia de presión neumática. Generalmente se controla las posiciones de cilindros neumáticos. Utiliza la lógica neumática en el diseño. En el libro Automatización Neumática, se trata todo lo relacionado con esta área.

### Electromecánica

Es el área formada por la interacción entre la electricidad y la mecánica. El elemento principal de esta técnica es el relé. El relé está constituido por una bobina que al ser activada por medio de una señal (voltaje) abre o cierra unos contactos, que están anclados a una armadura a través de un muelle, produciendo de esta forma una señal de salida. Utiliza la técnica de lógica cableada, que es la interconexión de los elementos del automatismo por medio de conductores eléctricos. Otro elemento muy importante perteneciente a esta área es la electroválvula que estudiaremos más adelante en su momento oportuno.

### Electrónica

Utiliza como base de funcionamiento los semiconductores, que debidamente conectados forman unidades de electrónica integrada análogas y principalmente digitales, como son las unidades microprocesadas entre ellas los Controladores Lógicos Programables (PLC). Para su funcionamiento utiliza software especializado, por medio del cual, se realiza el programa de control utilizando la lógica programada requerida y luego se transfiere a la memoria del controlador para que este realice su ejecución. En el libro Automatización Neumática con PLC desarrollamos los aspectos relacionados con la automatización programada.